

ambiente di multiutenza;

LRC E strumenti per il monitoraggio (PARMON) e la caratterizzazione del carico (AnCar) di programmi paralleli, ambiente analitico- simulativo per la valutazione delle prestazioni (LISPACK-SIMCOR);

LRC F applicazioni nel campo della progettazione di circuiti VLSI (prototipi PMS, PFS).

Sottoprogetto 4.

Lo scopo del Sottoprogetto è il raggiungimento di risultati di ricerca che permettono "di mantenere elevata la capacità di progettazione di compilatori e di linguaggi di programmazione dell'industria del software di base".

Sono state svolte attività e ottenuti risultati nelle aree seguenti:

- 1) Nell'area dei linguaggi logici sono stati definiti metodi e sono stati realizzati strumenti per l'uso della programmazione logica in applicazioni industriali, con particolare attenzione alle tecniche di implementazione delle estensioni della programmazione logica.
- 2) Nell'area dei linguaggi di specifica per sistemi concorrenti e distribuiti è stata completata la definizione di strumenti di animazione delle specifiche ed è stata iniziata l'applicazione a case studies di tipo industriale.
- 3) Nell'area dei linguaggi algebrici ed orientati agli oggetti è stata effettuata la definizione ed una implementazione di un linguaggio orientato agli oggetti per il trattamento di oggetti matematici.
- 4) Nell'ambito dei linguaggi funzionali è stato progettato un ambiente Lisp parallelo orientato alla elaborazione di immagini è anche stata sviluppata una prima implementazione basata su un modello ad attori.

Sottoprogetto 5.

Il Sottoprogetto 5 è suddiviso in cinque Linee di Ricerca Coordinate (LRC):

LRC A DATABASE++ (Basi di Dati Orientate ad Oggetti) ha definito e sperimentato l'architettura di un sistema di gestione della persistenza, la definizione di nuovi linguaggi per basi di dati ad oggetti fortemente tipati, e lo sviluppo di interfacce grafiche che agevolano la creazione e l'uso dei dati

LRC B LOGIDATA+ (Combinazione di Programmazione Logica e Basi di Dati con Estensione verso i Modelli Semantici) ha sviluppato un nucleo di un sistema evoluto per basi di dati basato sulla logica, con la definizione di un modello dei dati, che è un'estensione del modello relazionale, in grado di gestire strutture complesse, e del linguaggio di definizione e manipolazione dei dati, basato su regole secondo il paradigma della programmazione logica

LRC C MULTIDATA (Integrazione tra basi di dati tradizionali e basi di dati multimediali: metodi e strumenti di progettazione e di interrogazione) è pervenuta alla definizione e prototipazione di un sistema multimediale che estende i sistemi esistenti attraverso l'uso di strutture fisiche adeguate per l'organizzazione e l'accesso ai dati multimediali e di interfacce utenti specializzate per l'uso di dati multimediali, e alla definizione di modelli concettuali particolari per la rappresentazione di conoscenza di tipo multimediale e la messa a punto di criteri e metodologie di progetto delle basi di dati, che tengono conto delle specifiche di multimedialità

LRC D MULTI+ (Basi di Dati Multimediali in Ambienti Distribuiti) è stato definito e realizzato in versione prototipale un sistema che si poggia su gestori di dati esistenti e potenzialmente eterogenei, residenti su sistemi eterogenei, e che li integra in un contesto distribuito con stazioni di lavoro MS/DOS con vari dispositivi multi-mediali.

LRC E FIRE (Interfacce a Basi di Dati Bibliografici) è stato progettato e sviluppato un prototipo di interfaccia

comprendente un sistema di supporto all'accesso a dati bibliografici e un sistema di modellazione dell'utente individuale.

Sottoprogetto 6.

Nell'ambito del Sottoprogetto 6, che si occupa di metodi e strumenti per la ingegneria del software, sono stati ottenuti risultati sia nel campo di nuovi formalismi e metodologie per il processo di sviluppo del software sia nello sviluppo di prototipi di strumenti.

Per quanto riguarda i formalismi e le metodologie i principali risultati riguardano le fasi di analisi, prototipazione, riuso, reverse engineering, manutenzione, accesso, per le quali sono stati sviluppati nuovi formalismi, quali reti di Petri arricchite, logiche temporali, metamabienti, modelli basati sulla logica, modelli terminologici, modelli orientati ad oggetti, linguaggi visuali, produttori parametrici di diagrammi, che sono stati poi applicati per varie fasi e per diverse tipologie di processi di sviluppo con particolare riguardo ai sistemi informativi gestionali, i sistemi informativi in tempo reale, i sistemi informativi statistici.

Per quanto riguarda i prototipi, sono stati sviluppati e in alcuni casi anche sperimentati, prototipi per la fase di analisi e riuso, come un ambiente orientato ad oggetti dotato di interfaccia grafica per applicazioni manifatturiere, un simulatore di Reti di Petri, un analizzatore di specifiche temporali per sistemi in tempo reale, prototipi per la fase di reverse engineering (che ricostruisce le specifiche del sistema ad alto livello partendo dalla analisi del codice), prototipi per la fase di riuso (che adatta il codice a nuove specifiche per mezzo di una analisi simbolica), un ambiente di accesso al sistema informativo che utilizza diagrammi e icone per formulare le interrogazioni, un gestore del dizionario dati aziendale (che descrive in modo integrato il contenuto

informativo di una organizzazione). Tali prototipi sono tutti innovativi nelle aree di ricerca di interesse del Sottoprogetto.

Sottoprogetto 7.

Lo Studio di Fattibilità aveva individuato tre Obiettivi su cui articolare le Linee di Ricerca Coordinate (LRC); essi sono stati utilizzati come primo livello di scomposizione dei problemi e utili per l'organizzazione delle ricerche.

Essi sono:

LRC A Sistemi di Supporto alle Decisioni

In questo campo risultati significativi sono stati raggiunti con:

- la definizione e sperimentazione di una metodologia di integrazione tra DSS e sistemi basati sulla conoscenza,
- la definizione di una architettura di supporto al lavoro cooperativo, di un modello interpretativo di riferimento e lo sviluppo di moduli per la gestione delle conversazioni e degli impegni,
- la realizzazione parziale di un sistema informativo intelligente per la gestione del protocollo di monitoraggio delle infezioni dei pazienti cardiotrapiantati.
- la realizzazione di un sistema esperto capace di diagnosticare le malattie a partire da un sistema di segni seguendo un processo di tipo abduttivo.

LRC B Sistemi Esperti

In questo campo risultati significativi sono stati raggiunti con:

- la formazione di vari metodi di rappresentazione della conoscenza,
- lo sviluppo di truth maintenance system per formalizzare vari metodi di ragionamento,
- lo sviluppo di prototipi che organizzano la conoscenza,

- la definizione di meccanismi di apprendimento in sistemi diagnostici,
- la applicazione di un modello "profondo" di sistema casuale,
- lo sviluppo di una metodologia di modellizzazione per l'intelligenza di modelli qualitativi e quantitativi.

LRC C Sistemi Avanzati di Produttività Individuale .

In questo campo risultati significativi sono stati raggiunti con:

- la definizione di una architettura e la parziale realizzazione di un prototipo di un sistema per il publishing ipertestuale in ambiente distribuito,
- la integrazione di funzionalità musicali in un'unica stazione di lavoro,
- la realizzazione di un prototipo di un sistema esperto di ausilio alla progettazione preliminare dei progetti navali.

Sottoprogetto 8.

Il Sottoprogetto 8 fornisce supporto alle unità operative del Progetto Finalizzato e costituisce un canale per trasmettere alcuni risultati applicativi del Progetto Finalizzato stesso all'ambiente esterno, nei campi di Calcolo Parallelo e dell'Ingegneria del Software.

Le attività svolte dall'iniziativa di supporto al Calcolo Parallelo, nel 1991 sono state orientate prevalentemente a esperienze di migrazione di grossi programmi di calcolo da elaboratori sequenziali tradizionali ad elaboratori paralleli; alla organizzazione di seminari e corsi di formazione rivolti a ricercatori e tecnici delle istituzioni di ricerca e dell'industria; alla organizzazione di eventi nazionali ed internazionali volti a diffondere le conoscenze sugli strumenti di calcolo ad elevatissime prestazioni.

Nell'ambito della iniziativa di supporto all'Ingegneria del Software è stata portata avanti, la realizzazione di un laboratorio di Ingegneria del Software; il

Laboratorio è fruibile, per ricerca e sperimentazione, a tutti gli Utenti del Progetto. Sono stati già predisposti degli strumenti di lavoro sia prodotti nell'ambito del Progetto che acquistati sul mercato; sono state inoltre avviate attività di integrazione tra questi.

Azioni Svolte per la divulgazione e il trasferimento dei risultati.

Molteplici sono state le azioni intraprese per la divulgazione ed il trasferimento delle attività e risultati del Progetto Finalizzato:

- organizzazione, sponsorizzazione o collaborazione alla organizzazione di convegni, seminari, conferenze, etc;
- tenuta di seminari aventi per argomento specifiche tematiche del progetto Finalizzato, ed aperti sia al mondo accademico che industriale;
- organizzazione e tenuta di workshop, intesi ad illustrare le attività ed i risultati del Progetto e ad agevolare uno scambio di informazioni e pareri soprattutto con elementi del mondo industriale cui il Progetto si rivolge;
- organizzazione di mostre dei prototipi realizzati;
- stages o soggiorni presso altre sedi;
- produzione di videoclip illustranti le attività ed i risultati dei vari Sottoprogetti;
- pubblicazione di lavori, illustranti le ricerche effettuate ed i risultati ottenuti, su riviste nazionali e internazionali, atti di congresso, rapporti tecnici, bollettini, etc;
- partecipazione a convegni, seminari, workshop, etc per la presentazione di risultati scientifici: gli interventi relativi a tali partecipazioni sono ricavabili dall'elenco delle pubblicazioni;
- realizzazione di un sistema informativo, di tipo multimediale, relativo alla struttura, attività e risultati del Progetto.

Tale sistema è stato realizzato in collaborazione con il Progetto Strategico del CNR "Trasferimento delle tecnologie dei Progetti Finalizzati";

gestione di un data-base delle pubblicazioni e dei rapporti prodotti nell'ambito del progetto; tale data-base, installato presso il CNUCE di Pisa, è inserito nella rete telematica internazionale EARN (servizio ASTRA).

Interazioni avvenute con altri strumenti di intervento.

Varie sono state le interazioni con altri strumenti di intervento sia a livello nazionale (altri Progetti CNR, MURST 40%, IMI, ecc.) che a livello internazionale (soprattutto ESPRIT/CEE). Le sinergie che si sono venute a creare con tali altri strumenti hanno permesso, alle U. O. che ne hanno usufruito, di raggiungere un livello totale di finanziamento che meglio riusciva a coprire i costi relativi alle attività loro afferenti sulle tematiche in comune tra questo PF e gli altri enti finanziatori.

Attività di formazione.

L'attività di formazione si è esplicitata soprattutto con la tenuta di Corsi, sia Universitari che di Dottorato o su argomenti specifici, l'organizzazione e tenuta di scuole, inerenti specifiche tematiche del Progetto. I principali argomenti in essi trattati hanno riguardato:

- supercomputer architectures per il calcolo parallelo;
- rappresentazione grafica di dati topografici;
- ottimizzazione di algoritmi paralleli per il calcolo scientifico;
- reti neurali;
- sistemi per l'elaborazione e la sintesi di segnali ed immagini;

- computer graphics;
- architetture MIMD general purpose a parallelismo massiccio con memoria distribuita;
- tecniche speciali di elaborazione;
- programmazione logica;
- linguaggi algebrici, funzionali ed object oriented;
- linguaggi e modelli per la concorrenza;
- metodologie e tecnologie per la realizzazione e gestione di data-base (multimediali, object-oriented, particolari);
- definizione di ambienti per l'integrazione di data-base particolari;
- progetto concettuale di data-base;
- dizionari dati;
- ambienti avanzati per lo sviluppo software;
- metodologie e tecnologie per il reverse engineering;
- metodologie e tecnologie per la comprensione e la riusabilità del software;
- progettazione di software per sistemi real-time;
- sistemi di supporto alle decisioni;
- sistemi ipertestuali;
- sistemi esperti.

L'attività di formazione ha, inoltre, previsto l'istituzione di borse di studio e/o l'usufruzione di quelle messe a disposizione da altri Enti, sia pubblici che privati, interessati alle attività del Progetto

Le principali tematiche di tali borse di studio sono state:

- produzione di software numerico di interesse generale per i fisici e i chimici;
- calcolo vettoriale;
- problemi di filtrazione;

- analisi di scene e ricostruzione di immagini;
- algoritmi paralleli per l'analisi di segnali ed immagini;
- architetture parallele di tipo ipercubo;
- simulazione e generazione di reti neurali;
- valutazione di architetture parallele;
- sistemi operativi per architetture a parallelismo massiccio;
- reti OBJSA;
- linguaggi di programmazione per il parallelismo massivo;
- programmazione logica per basi di dati;
- data-base deduttivi ed object oriented;
- linguaggi per basi di dati multimediali, object-oriented, temporali;
- architetture e strumenti per la progettazione di sistemi informativi;
- sviluppo di un ambiente object-oriented per la progettazione di sistemi informativi di ufficio;
- metodologie per lo sviluppo di sistemi basate sul riuso del software;
- metodologie per il reverse engineering;
- metodologie per la manutenzione del software;
- sistemi informatici come supporto al lavoro cooperativo;
- sistemi di supporto alle decisioni;
- dimostrazione automatica di teoremi

L'attività di formazione è stata tesa, ovviamente, ad ampliare ed approfondire la conoscenza sulle tematiche del Progetto, soprattutto per quanto riguarda i ricercatori "junior" che vi partecipano.

Attività internazionali.

In molti casi le attività di questo PF sono state condotte in stretta collaborazione con ricercatori di

istituzioni e industrie straniere, con i quali, spesso, tali rapporti già preesistevano da tempo, che svolgono la loro attività nell'ambito delle stesse tematiche del Progetto.

Si è così instaurato uno scambio di informazioni ed esperienze, realizzato tramite incontri e visite periodiche o soggiorni bilaterali, che hanno contribuito positivamente ai risultati raggiunti.

Progetto Finalizzato - Chimica fine.

Direttore: Prof. Jacopo Degani

Le finalità sono quelle di consolidare e sviluppare gli aspetti positivi del precedente Progetto Finalizzato "Chimica Fine e Secondaria". Sviluppare nuovi prodotti, processi e metodologie, sostenuti da opportuna politica brevettuale, rispondenti alle esigenze del mondo imprenditoriale. Consolidare i gruppi di ricerca in aree avanzate dell'innovazione tecnologica per favorire la costituzione di "Centri di eccellenza". Formare giovani neolaureati nei settori traenti della Chimica di base e applicativa. Fornire aggiornamenti sulle tecnologie, metodologie e sviluppi applicativi di aree fortemente innovative. Realizzare scambi scientifici con i più avanzati gruppi di ricerca internazionali.

Durata: 1989 - 1993

Il Progetto è articolato nei seguenti Sottoprogetti:

Sottoprogetto 1 - Nuove sintesi.

È dedicato allo studio di: processi catalitici, metodologie ed aree avanzate di sintesi organica, tecnologie di sintesi non tradizionali e innovative e sintesi di prodotti con specifica funzione d'uso.

Sottoprogetto 2 - Chimica e tecnologia dei polimeri.

È dedicato allo studio di: nuovi processi di polimerizzazione e di modificazione chimica dei polimeri, polimeri per usi speciali; sistemi polimerici a più componenti; polimeri per elevate prestazioni, nuove membrane e processi a membrana; polimeri naturali e di interesse industriale.

Sottoprogetto 3 - Prodotti con attività biologica.

È dedicato allo studio di: chimica estrattiva e sintetica; interazioni tra biomolecole che mediano i processi biologici; nuove metodologie; chimica per l'industria cosmetica e alimentare.

Sottoprogetto 4 - Tecnologie chimiche e sviluppo dei processi.

È dedicato allo studio di: interfasi e sistemi dispersi colloidali; chimica fisica delle superfici, metodologie avanzate di ingegneria chimica, modellistica chimica, metodologie di salvaguardia dei beni culturali e del patrimonio edilizio.

Stato di avanzamento 1991 (Terzo anno di attività).**Risultati ottenuti.**

Il Progetto Finalizzato "Chimica Fine", nell'anno 1991, ha avuto regolare svolgimento con sostanziale aderenza a quanto previsto dal Programma esecutivo triennale.

Tenuto conto che il PF "Chimica Fine" risulta strutturato in quattro sottoprogetti suddivisi, per i primi tre, in quattro aree e in cinque aree il quarto, cui fanno capo molteplici linee di ricerca, le attività svolte ed i risultati raggiunti dai singoli Sottoprogetti risultano i seguenti.

Sottoprogetto 1.**Area: Processi catalitici.**

Nell'ambito della prima linea di ricerca "Nuove reazioni catalitiche" facente capo a quest' area i risultati più interessanti e innovativi con possibilità di sviluppi significativi relativi alla catalisi omogenea sono stati ottenuti in settori: i) dell'ossidazione selettiva (ossidazioni dirette di idrocarburi aromatici e di alcani con acqua ossigenata ed ipoclorito); ii) della carbonilazione (ottenimento di isocianati, di uretani e di eterocicli azotati di interesse applicativo); iii) dell'attivazione dell'anidride carbonica (ottenimento di carbammati); iv) dell'idrogenazione selettiva (messa a punto di un sistema di riduzione dei chetoni con alcol isopropilico basato sul semplice impiego di

ossidi inorganici come catalizzatori). Per quanto concerne la catalisi eterogenea, i risultati più rilevanti riguardano i seguenti settori: i) catalisi acida basata sull'uso di zeoliti; ii) reazioni di idrogenazione e deidrogenazione catalizzate da ossidi; iii) catalisi con sistemi mono e bimetallici; iv) studio di processi di isomerizzazioni scheletrali, di idroformilazioni e sintesi di alcoli basate sull'uso di idrogeno e ossido di carbonio; v) preparazione di supporti e nuovi metodi di deposizione di metalli; vi) studio di tecniche riguardanti la caratterizzazione dei catalizzatori.

Nell'ambito della seconda linea "Recupero di metalli preziosi da catalizzatori esausti" notevoli sono stati i risultati conseguiti basati su tecnologie molto innovative (recupero di metalli per estrazione liquida-solida tramite resine commerciali imbibite di leganti, recupero selettivo per carbonilazione riducente di Rodio da miscele con Platino e Palladio, recupero di Iridio da soluzioni mediante carbonilazione riducente).

Area: Metodologie avanzate di sintesi organica.

Tale area risulta la più ricca per l'eccellenza di contenuti scientifici e per le potenziali applicazioni dei risultati. Nell'ambito della prima linea di ricerca "Sintesi organiche selettive e tramite carbocationi" sono stati sviluppati i seguenti temi: i) processi di trasferimento elettronico; ii) processi a catene radicaliche; iii) processi a catene ossidoriduttive; iv) processi tramite carbocationi. Nella seconda linea "Sintesi assistite da metalli" di ricerca sono stati sviluppati i seguenti temi: i) catalisi di coordinazione di tipo Friedel-Crafts; ii) idroformilazione selettiva dotata di pressochè completa regioselettività; iii) sintesi stereospecifiche di sistemi olefinici (feromoni, leucotrieni, intermedi per profumi, ecc.) mediante processi di accoppiamento con reattivi organometallici; iv) sintesi di

prodotti ad attività biologica. Nella terza linea di ricerca "Catalisi supramolecolare o biomimetica" sono stati sviluppati i seguenti temi: i) macrocicli poliazotati quali catalizzatori di reazioni biomimetiche; ii) calixareni, recettori di estremo interesse che consentono riduzioni selettive; iii) metalloporfirine di grande interesse per il loro utilizzo in reazioni asimmetriche di ossidazione e quali catalizzatori chimicamente stabili selettivi ed efficienti per reazioni di ossidazione di alcheni e di alcani. Nell'ambito della quarta linea di ricerca "Sintesi asimmetriche" le ricerche svolte riguardano i seguenti temi: i) sintesi con controllo contemporaneo di più stereocentri; ii) impiego delle cloroperossidasi naturali per ossidazione con acqua ossigenata, frequentemente altamente stereoselettive; iii) messa a punto di ausiliari chirali di nuova concezione; iv) preparazione di beta- lattami e di alfa-amminoacidi mediante l'impiego di complessi chirali arenocromocarbonili v) sintesi di complessi chirali di rame, ottimi catalizzatori in addizioni enantioselettive; vi) studio di risoluzione di enantiomeri mediante cristallizzazione di molecole chirali raceme come conglomerati. Nell'ambito della quinta linea di ricerca "Sintesi mediante trasferimento di fase" sono stati sviluppati i seguenti temi: i) utilizzo di ossirani per ossidazioni selettive di idrocarburi; ii) utilizzo del dimetil carbonato come metilante selettivo; iii) preparazione di fluoro derivati aromatici mediante fluorodenitrazione; iv) studio di una nuova, economica e versatile sintesi di amminoacidi mediante idrolisi enzimatica enantioselettiva dei precursori. Deve essere segnalato che l'interesse industriale per i risultati di alto valore scientifico (p.e. è stato assegnato il premio Fluka "Reagent for the year" al responsabile dell'U.O. che ha proposto il tris(trimetilsilil)silano per lo sviluppo di processi radicalici) e applicativo (sintesi di materie prime per

l'industria farmaceutica, di intermedi organici, di antiossidanti e additivi per materie plastiche, di molecole bioattive, ecc.) è stato piuttosto tiepido ed è auspicabile per il futuro una diversa attenzione.

Area: Tecnologie di sintesi non tradizionali e innovative.

La prima linea di ricerca afferente a quest'area "Sintesi elettrochimica" si è caratterizzata per un'elevata tendenza allo studio di problemi applicativi con ricadute importanti in particolare nella sintesi di intermedi organici e di prodotti utilizzabili nella detergenza, nella sintesi di aromi e di additivi alimentari. Fra i risultati conseguiti nella seconda linea di ricerca "Fotochimica e sintesi" i più rimarchevoli per grado di finalizzazione riguardano la fotosensibilizzazione di semiconduttori a largo band-gap (tali risultati sono stati sfruttati presso il Politecnico Federale di Losanna per la realizzazione di un piccolo impianto dimostrativo destinato alla generazione di idrogeno da acqua) e la fotoossidazione di paraffine e olefine con ossigeno in presenza di porfirine.

Area: Sintesi di prodotti con specifica funzione d'uso.

I risultati più interessanti sono i seguenti: i) nel settore della concia È stato sviluppato un formulato a base di titanio che in varie applicazioni consente la sostituzione dei sali tossici di cromo; inoltre, è stata sviluppata una tecnologia per l'ottenimento di dispersioni poliestere-uretaniche utilizzabili per la rifinitura del pellame; ii) nel settore della detergenza risultati interessanti sono stati raggiunti sia con la messa a punto di polimeri acrilici sia con l'introduzione di nuove metodologie a luce laser per la caratterizzazione granulometrica; iii) messa a punto di una nuova metodologia per la preparazione di alcansolfonil cloruri sui quali è in corso una verifica della

loro applicabilità in vari settori, quali ad esempio quelli farmaceutico, conciario, petrolifero e agrochimico.

Sottoprogetto 2.

Area: Nuovi processi di polimerizzazione e di modificazione chimica dei polimeri. Polimeri per usi speciali.

Nell'ambito della prima linea "Applicazione della polimerizzazione con catalizzatori metallorganici" sono stati conseguiti i seguenti obiettivi: i) approfondimento dei meccanismi di catalisi; ii) delucidazione dei fenomeni di controllo costituzionale e configurazionale e di controllo delle masse molecolari in polimeri anche non tradizionali; iii) ottenimento di polimeri e copolimeri innovativi con proprietà mirate e polimeri con migliorate proprietà d'uso. I molteplici risultati conseguiti in questa linea, che si è avvalsa di competenze di eccellenza, sono di rilevante interesse teorico e applicativo e tali da primeggiare in campo internazionale. I risultati conseguiti nella seconda linea di ricerca "Nuovi polimeri e funzionalizzazione", la cui natura è marcatamente applicativa e favorisce strette interazioni tra U.O. accademiche e industriali, riguardano i seguenti temi: i) sintesi e caratterizzazione di materiali polimerici per inchiostri; queste ricerche hanno condotto alla produzione di nuove resine fotoreticolabili mirate a ridurre l'impatto ambientale di inchiostri da stampa; ii) valutazione di filmopolimerici; iii) reticolazione e valutazione di polimerizzazione in polveri; iv) polimeri per recupero di polveri di metallo (produzione di flocculanti polimerici); v) caratterizzazioni molecolari di sistemi polimerici, dove sono stati sviluppati argomenti di interesse applicativo; vi) nuovi polimeri funzionali e loro applicazioni; queste ricerche sono state indirizzate alla produzione di polimeri per vernici, blends e compositi; vii) irraggiamento di polimeri; le ricerche sono state indirizzate allo studio degli effetti